実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

前回は12AX7のSRPP回路をシミュレーションしました（5月号**第1図**）．負荷抵抗R1＝100kΩ時のゲインは約37倍でした．

ここで，**第1図**のように回路と入力電圧はそのままで単に12AX7を12AU7に挿しかえたときの出力波形を**第2図**に示します．振幅は約±8V，すなわち約16Vppです．入力信号1kHzの振幅は2Vppですから，ゲインは約8倍です．12AX7に比べて12AU7のゲインは約1/4.6に減っています．

(1) 12AU7のゲインが小さい理由

これは増幅率μが小さいためと推定されます．**第3図**の12AU7のプレート特性からμを求めるには，平均プレート電流を知らねばなりません．**第1図**の信号印加時のプレート電流波形を**第4図**に示します．この図から，平均プレート電流は4.2mAとわかります．

そこで，**第3図**に水平線4.2mAを引いてEg＝−4Vおよび−6Vとの交点を求め，その電圧差を見ると，約30Vとなっています．したがって，μは，

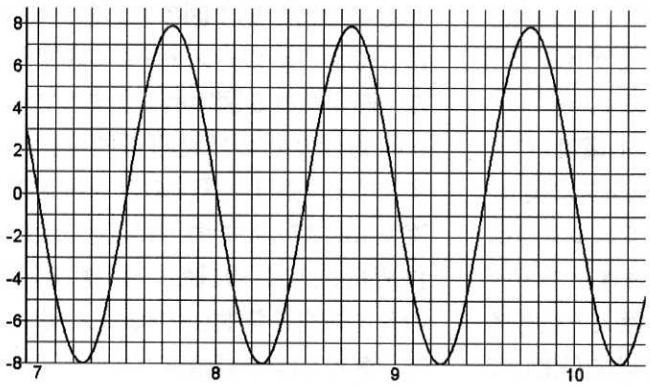
$$\mu = \frac{\triangle Ep}{\triangle Eg} = \frac{Ep}{2} = 15 \quad \cdots\cdots(1)$$

ここで負荷抵抗をR_L，内部抵抗をrpとすれば，ゲインは，

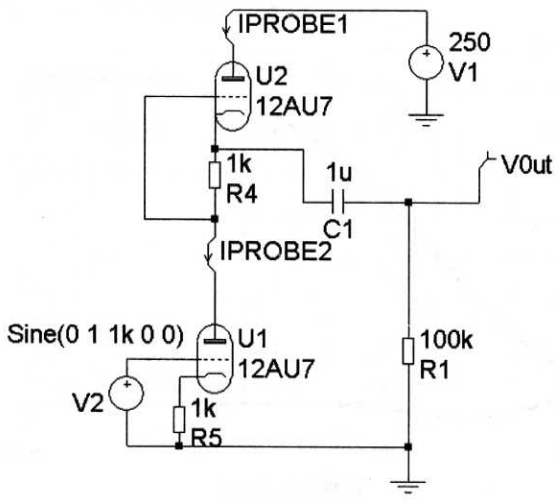
$$Gain = \mu \times \frac{R_L}{rp + R_L} \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

ここでrp＝10kΩ，R_L＝100kΩとすればGain＝13.5倍と算出されます．しかしシミュレーションのゲインは8倍ですから，かなりの差があります．ちょっと首をひねりますが，上記の**第4図**を見てください．

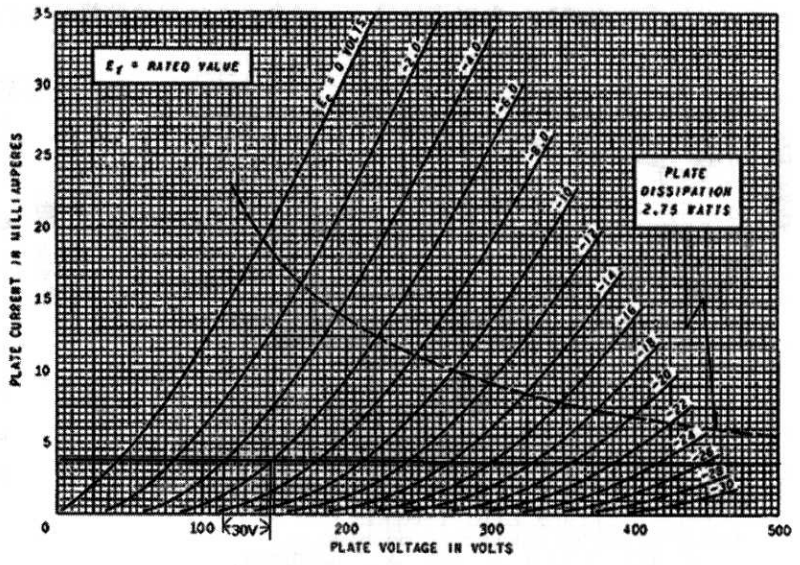
本来SRPPのU1とU2のプレー



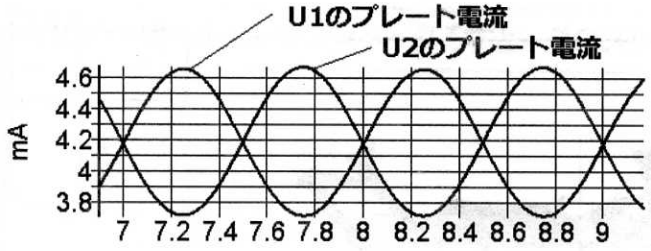
〈第2図〉
第1図の回路の出力電圧波形



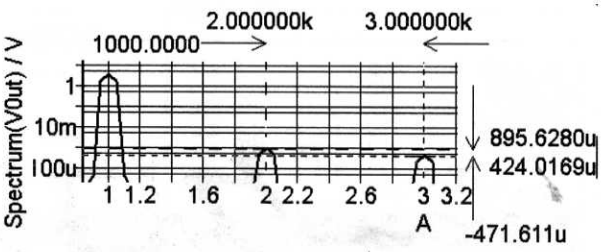
〈第1図〉12AU7SRPPのシミュレーション



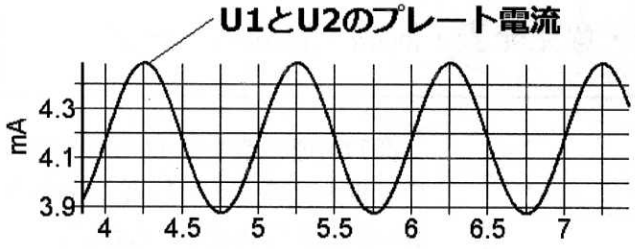
〈第3図〉12AU7のプレート特性



〈第10図〉負荷抵抗3.43kΩのプレート電流



〈第11図〉負荷抵抗3.43kΩ時の出力波形のフーリエ解析



〈第12図〉
両プレート電流は完全に一致している

す．負荷抵抗を10kΩ～1MΩまで変えたときのゲインは以下のとおりです．

負荷抵(kΩ)	ゲイン(倍)	ひずみ率(%)
1	1.32	0.735
2	2.28	0.338
5	4.05	0.204
10	5.45	0.458
20	6.59	0.554
50	7.54	0.556
100	7.92	0.535
200	8.13	0.522
500	8.26	0.510
1000	8.30	0.506

これをグラフにすると**第9図**になります．やはり負荷抵抗が大きいほどゲインが高くなっていますが，10倍以下です．一方，ひずみ率は負荷抵抗が数kΩ時にいったん下がりますが，10kΩ以上ではほぼ一定値(約0.5%)です．12AU7は12AX7よりゲインは低いけれど，ひずみ率が低下しています．

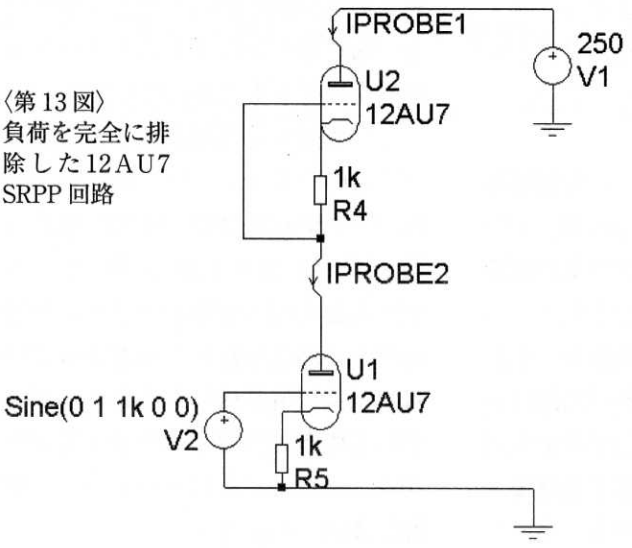
では，1～10kΩ負荷時をもう少しくわしく解析してみましょう．実は負荷抵抗を3.43kΩにすると，12AU7のプレート電流は**第10図**のように同振幅・逆位相になります．したがって，2次ひずみがキャンセルされるはずです．しかしVoutのフーリエ解析結果は**第11図**に示すように，まだ第2調波成分が第3調波成分より大きくなっています．すなわち，第2調波振幅は895μV，第3調波振幅は424μVです．

12AX7の場合は5月号**第6図**に示すように，負荷抵抗16kΩ時に第2調波成分が第3調波成分より大幅に小さくなっています．

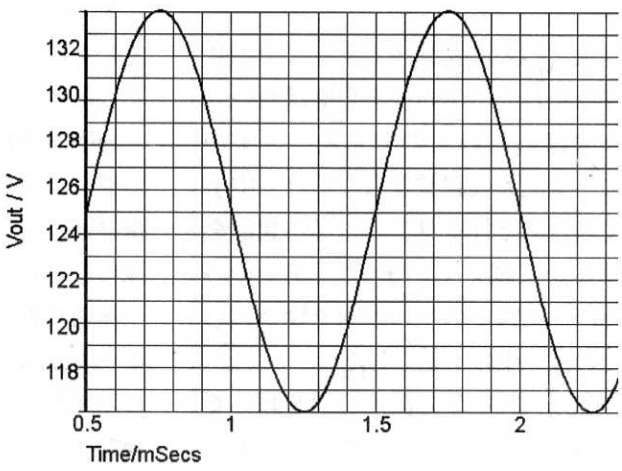
負荷抵抗を無限大にするとプレート電流はどうなるか

これまでのシミュレーション結果から，もし負荷抵抗を無限大にすれば，U1とU2のプレート電流変化分は完全に同振幅・同位相になると想定されます．**第12図**は12AU7を用いた場合の電流波形で，両者は完全に一致しています．このことは**第13図**を見れば一目瞭然です．両真空管のグリッド電流は極微小量ですから，U1のプレート電流はU2のカソード電流に等しく，そしてU2のプレート電流に等しくなるからです．これは入力信号があろうとなかろうと，つねに成り立ちます．

しかしU1のプレート・カソード間電圧とU2のプレート・カソード間電圧は入力信号とともに変化し，両者の電圧差が出力電圧になります(**第14図**参照)．直流電圧125Vは，結合コンデンサと抵抗で容易にカットできるのはいうまでもありません．



〈第13図〉
負荷を完全に排除した12AU7 SRPP回路



〈第14図〉第13図の回路のU1出力電圧波形